

计算机视觉技术预测 肉糜斩拌终点的初步研究

胡志军, 彭增起*, 刘 强, 王蓉蓉, 靳红果, 孙珍珍, 张伟清, 汪张贵
(南京农业大学教育部肉品加工与质量控制重点实验室, 江苏南京 210095)

摘要:利用计算机视觉技术研究肉糜斩拌终点的判定方法,防止斩拌过程中斩拌不足或斩拌过度而引起的产品质量下降。本研究以猪后腿肉和背膘为主要原料,按照肥瘦比3/7添加比例进行斩拌,分别于第6、7、8、9、10、12、14、16和18min取样,测定肉糜颜色和加工特性指标。结果表明:斩拌时间对肉糜的颜色、蒸煮损失、脂肪损失、硬度、弹性、Purge损失以及贮能模量(G')均有影响,肉糜HSL颜色空间变量中亮度值(L)与蒸煮损失、脂肪损失、硬度等加工特性指标之间的相关性显著。因而,利用计算机视觉技术测定的肉糜亮度值用于预测肉糜斩拌终点是可行的。

关键词:计算机视觉技术,肉糜,颜色,斩拌终点

Preliminary study on prediction of chopping endpoint of meat emulsion by computer vision

HU Zhi-jun, PENG Zeng-qi*, LIU Qiang, WANG Rong-rong, JIN Hong-guo,
SUN Zhen-zhen, ZHANG Wei-qing, WANG Zhang-gui

(Key Laboratory of Animal Products Processing and Quality Control,
Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Prediction method of the chopping endpoint of meat emulsion was studied by computer vision to prevent excessive fat and water separation, and the subsequent decrease in quality of the final products. Porcine hindquarter and back fat were used to chop for meat emulsion with the fat/lean ratio of 3/7. During chopping, emulsion samples were obtained at each control time (at time intervals of 1 min from 6 min to 10 min and then at time intervals of 2 min up to 18 min). The color and processing properties of meat emulsion were determined. The results showed that chopping time influenced color, cooking loss, fat loss, hardness, springiness Purge loss and Storage Modulus (G'). Moreover, L value of HSL's color space of meat emulsion was significantly correlated with the index of processing properties, such as cooking loss, fat loss and hardness. As a result, it is feasible that L value of meat emulsion was used to evaluate the chopping endpoint of meat emulsion by computer vision.

Key words: computer vision; meat emulsion; color; chopping endpoint

中图分类号: TS251.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)09-0068-05

肉糜类产品,即乳化型肉制品,指在瘦肉斩拌的过程中添加一定脂肪等辅料而加工制成的一类肉制品。在乳化型肉制品生产过程中,操作者主要依据主观经验和斩拌温度来决定是否停止斩拌^[1]。然而人的主观判定受各种因素影响,准确性不高,由此产生斩拌不足或斩拌过度的问题,最终造成产品出油和出水过多,影响企业的经济效益。此外,斩拌温度并不能准确预测斩拌终点,尤其对低脂肪肉糜^[2],且

斩拌温度应控制在什么范围仍存在不一致^[3-8]。近年来,国外不少研究者正在寻求一种方法来实现加工中肉糜变化的即时检测,即有效地预测斩拌终点。Barbut (1998)^[2], Serdaroglu (2006)^[9], Álvarez等(2007)^[10]研究均发现肉糜亮度值与蒸煮损失和脂肪损失的相关性很高,即亮度值的变化在一定程度上反映了肉糜乳化体系是否发生崩溃。Bañón等(2008)^[11]研究并建立猪肉糜类产品的质量预测模型,发现斩拌温度在5~50℃的范围内,肉糜亮度值能较好地预测肉糜的乳化稳定性和凝胶特性。Álvarez等(2009)^[12]利用光纤感应器测定斩拌期间可见光强度变化预测了牛肉糜乳化物的稳定性。然而,这些颜色指标参数预测斩拌终点的准确性还有待于进一步研究。目前,我国在这方面的研究尚属空白,因

收稿日期:2009-09-28 *通讯联系人

作者简介:胡志军(1984-),男,硕士研究生,研究方向:肉品加工与质量控制。

基金项目:国家高技术研究发展(863)计划项目(2008AA10Z211)。

而,研究在线判定肉糜斩拌终点,对我国肉制品加工企业意义重大。尽管利用色差仪,即色差法可实现斩拌过程中肉糜光学特性变化的测定,但由于其光圈孔径较小,测定的颜色值并不能从整体上反映肉糜的颜色,因而存在一定的偏差。计算机视觉技术作为目前研究中的一种重要技术手段,其拥有快速、客观、准确等优点,且能从整体上评价肉糜的颜色。它应用于肉类工业还主要停留在原料肉颜色的评价,目前未见计算机视觉技术应用于测定肉糜光学特性的报道,这给斩拌终点的研究提供了思路。本实验基于计算机视觉技术,利用计算机智能化系统测定斩拌过程肉糜颜色变化,探讨肉糜颜色变化与其加工特性的关系,旨在为计算机视觉技术用于肉糜斩拌终点的在线判定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

猪后腿肉 购于雨润集团连云港福润食品有限公司;猪背膘 购于南京农大附近的农贸市场。

UMC5 乳化机 德国 Stephan 公司;计算机智能化系统设备(包括 DH-HV2002UC 型工业用摄像头,图象采集箱,安装有计算机智能化系统软件的便携式电脑),南京农业大学肉类研究室研发;TA.XT Plus 物性测试仪 英国 Stable Micro Systems 公司;MCR301 Rheometer(流变仪) 奥地利 Anton Paar 公司;SIM-F124 制冰机 日本 SANYO 公司;S.HH.W21-600 三用电热恒温水浴箱 上海跃进医疗器械厂;YP1201N 电子天平 上海精密科学仪器公司;AL104 电子天平 上海 Mettler Toledo 公司。

1.2 实验方法

斩拌程序如下:

实验开始时,部分解冻的瘦肉和背膘均被切成约 2cm 大小的小丁块。先将瘦肉和一部分冰屑加入乳化机,2000r/min 斩拌 1min。再将已混合均匀的食盐、三聚磷酸钠、亚硝酸钠和一部分冰屑加入,再在 2000r/min 下斩拌 4min。最后将背膘和剩余的冰屑加入,并在 1500r/min 下真空斩拌 18min。并从斩拌 6min 到 10min 之间每隔 1min,从斩拌 10min 到 18min 之间每隔 2min 取样,并记录斩拌温度,待测。肉糜配方见表 1。

表1 肉糜配方

肥瘦比	瘦肉 (g)	肥肉 (g)	冰屑 (g)	食盐 (g)	三聚磷酸钠 (g)	亚硝酸钠 (g)
3/7	840	360	360	31.8	2.4	0.12

1.3 测定方法

1.3.1 颜色的测定 斩拌好的肉糜填充于培养皿内,压实、抹平。用计算机智能化系统测定肉糜颜色变量中 H 色调值(Hue)、S 色饱和度值(Saturation)、L 亮度值(lightness)(2 个重复),计算机智能化系统所采用的颜色空间是 HSL 颜色空间。

1.3.2 蒸煮特性的测定 将肉糜样放入 50mL 烧杯(W₁)内,称重(W₂)后,室温下水浴加热至 75℃后,保持 30min。立即倒出烧杯内的肉糜渗出物于称量瓶(W₃),称重(W₄)。将盛有肉糜渗出物的称量瓶放

入 0~4℃ 冰箱,待脂肪凝结后,将其分离,放入另一称量瓶(W₅),再放入烘箱加热至 100℃后,保持 1h。取出冷却称重(W₆)。按下式计算:

$$\text{蒸煮损失}(\%, \text{CL}) = (W_4 - W_3) / (W_2 - W_1) \times 100\%$$

$$\text{脂肪损失}(\%, \text{FL}) = (W_6 - W_5) / (W_2 - W_1) \times 100\%$$

1.3.3 质构特性的测定^[13] 进行 TPA 实验时,将加热后的样品切成高 2cm,直径 2cm 的圆柱体。采用的质构参数定义为:硬度(Hardness)指第一次穿冲样品时的压力峰值;弹性(Springiness)是第二次穿刺的测量高度同第一次测量的高度的商;测定参数:探头为 P50mm 柱形探头;测试前速度:1mm/s;测试速度:5mm/s;测试后速度:5mm/s;压缩比为 50%;负载 30g。

1.3.4 Purge 损失的测定^[14] 加热后的样品在 0~4℃ 储藏 15d,分别测定第 5d、第 10d 和第 15d 样品重量损失率。

1.3.5 流变特性测定 使用流变仪测定肉糜样品的流变特性。测定参数:采用平行板,上板直径 40mm,频率 0.1Hz,应变 2.85%,狭缝 1mm,升温速率 2℃/min,线性升温范围 20~80℃。

1.3.6 统计方法 运用 SAS9.0 软件系统进行统计分析,不同组间的差异显著性检验采用 SNK 法。

2 结果与分析

2.1 斩拌时间对肉糜加工特性的影响

2.1.1 蒸煮特性 从图 1 可知,斩拌时间在 6~14min 时,肉糜蒸煮损失(CL)随斩拌时间(Chopping time, Ct)增加变化不大,之后从斩拌 14min 以后急剧增大;而脂肪损失(FL)在 6~10min 内随斩拌时间变化不大,从斩拌 10min 开始有上升的趋势,尽管在 14min 有所下降。从蒸煮损失和脂肪损失综合考虑,本实验条件下斩拌时间为 10min 的肉糜蒸煮特性较佳。

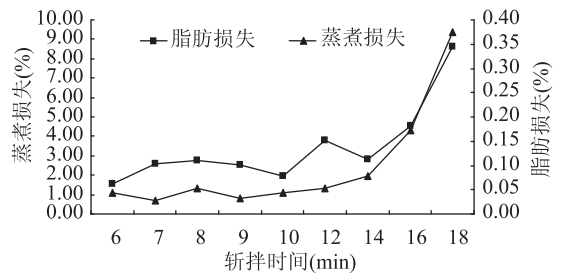


图1 斩拌时间对肉糜蒸煮损失和脂肪损失的影响

总体来说,蒸煮损失和脂肪损失随着斩拌时间的增加而上升^[10]。这可能是斩拌时间太长,脂肪颗粒或脂肪滴被斩拌的越细,乳化体系中蛋白质不能完全包裹脂肪,使得在加热过程中未包裹的脂肪和不能结合的水游离出来,以及斩拌时间的延长促使斩拌温度上升,部分蛋白发生变性,使得包裹脂肪的蛋白减少,蛋白质结合的水也相应减少,均会造成产品“跑油”和“跑水”现象发生。Álvarez 等(2007)^[10], Allais 等(2004)^[11], Barbut (1998)^[12], Girard (1981)^[15] 的研究发现,分别在斩拌 8、7、10、11min 以后蒸煮损

失急剧增大。Brown 等 (1975)^[16] 发现斩拌的前 10min 的肉糜产率上升,之后下降。因此,在肉糜实际生产中,斩拌时间需要严格控制。

2.1.2 硬度和弹性 从图 2 可知,在斩拌 6~10min 时,肉糜成品硬度变化不大,从斩拌 10min 开始逐渐下降,并在斩拌 14min 急剧下降;而肉糜成品弹性在斩拌 6~10min 内有所上升,在斩拌 10~14min 时趋于平稳,之后开始下降。从硬度和弹性综合考虑,在斩拌 10min 的成品硬度和弹性是较好的。总体来说,硬度^[10]和弹性随着斩拌时间的增加而减少。这可能是适度斩拌,肉糜中蛋白得以充分提取,且避免升温过高蛋白变性,脂肪被斩拌成颗粒,大小适中,因而形成较佳乳化物。然而斩拌时间过长,脂肪颗粒太细,蛋白不足以包裹脂肪,且斩拌温度上升,使得乳化体系遭到破坏,肉糜中的蛋白质与脂肪、水结合不紧密,加热后的产品硬度和弹性变差。

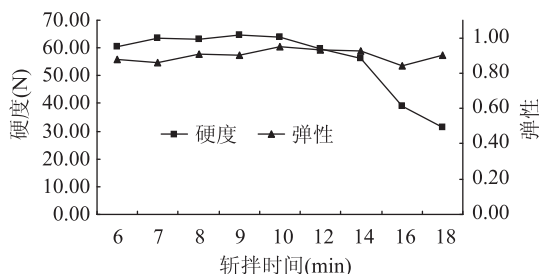


图2 斩拌时间对肉糜成品硬度和弹性的影响

2.1.3 Purge 损失 图3为不同斩拌时间条件下肉糜成品 Purge 损失随贮藏时间的变化。随着贮藏时间的增加,6、8、10、14、18min 的 Purge 损失均是上升的,其中6min 的变化斜率最大,且在每个贮藏时间段内 Purge 损失均是最大的;10min 的 Purge 损失尽管在贮藏 5d 后,相比 14min 和 18min 的较大,但进一步延长贮藏时间,即在贮藏 10d 和 15d 后, Purge 总损失相比 14min 和 18min 的较小,由此可见,10min 的 Purge 损失变化斜率最小。这可能是斩拌时间过短导致乳化不充分,蛋白未能将脂肪颗粒和水完全包裹住,造成贮藏期间汁液渗出较多;另一方面,由于斩拌时间过长,肉糜中蛋白因斩拌温度过高而变性,此外,脂肪颗粒斩拌过碎,导致乳化效果不好。这也就表明了斩拌时间不能过长也不能过短。总体来看,斩拌时间为 10min 的肉糜成品 Purge 损失随贮藏时间的变化最低,即斩拌时间应控制在 10min 最好。

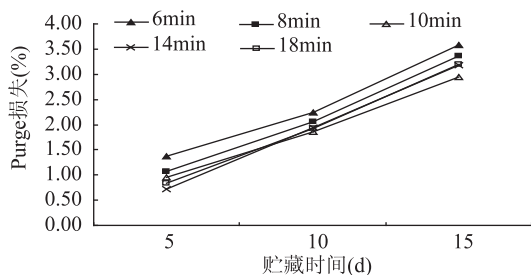


图3 不同斩拌时间条件下肉糜成品 Purge 损失随贮藏时间的变化

2.2 流变特性

从图 4 可知,肉糜的 G' 特性曲线可分为三段,第一段是 20~40℃,斩拌 8、10、14、18min 的肉糜 G'

(storage modulus) 基本是逐渐下降,而斩拌 6min 的肉糜 G' 却有上升的趋势;第二段是 40~60℃,斩拌 6、8、10min 的肉糜 G' 先是上升后下降,50℃ 左右为最高点,8、10min 的 G' 虽在 50℃ 左右也有个最高点,但整体来说,变化不是很大,而 14、18min 的 G' 基本上是呈平稳变化;第三段是 60~80℃,斩拌 6、8、10、14、18min 的肉糜 G' 均从 60℃ 开始急剧上升,并在 75℃ 左右达到平稳期,尽管有所上升,但变化不是很大。对于 6、8、10、14、18min 的肉糜 G' ,在加热至 75℃ 出现平稳点,表明凝胶网络结构已经完成,从生产实际来看,肉糜加热到 75℃ 之后不需再继续加热,否则生产成本增加,因而对指导肉品加工有非常重要的实际意义。在 75℃,10min 的 G' 与 14min 的基本持平,但相比 18min 的较高,而相比 6、8min 的较低,表明随着斩拌时间的延长, G' 值会下降,即蛋白质交联数减少。这可能是斩拌时间越长,斩拌温度就越高,发生变性的蛋白数就越多,因而蛋白发生交联的数目就减少。

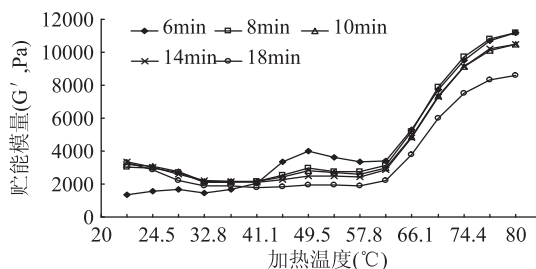


图4 斩拌 6、8、10、14、18min 后肉糜的流变特性 (G') 变化

第一阶段出现的 G' 拐点主要是由于脂肪的熔化,因为猪脂肪的熔点约 37℃。第二阶段是脂肪继续熔化,蛋白开始变性聚集。第三阶段是蛋白大量聚集,并形成凝胶。Patana-Anake 等 (1985)^[17] 报道了肉糜剪切模量在加热的开始阶段是下降的,可能是脂肪的熔化所致。Paulson 等 (1989)^[18] 研究发现肉糜加热到 60℃ 出现一个拐点,之后肉糜的 G' 开始稳步上升,这与本实验的结果一致。这可能是蛋白开始聚集成凝胶网络结构^[19]。Correia 等 (1992)^[20] 也发现在 50~65℃ 之间肉糜的 G' 有急剧增加的趋势。Foegeding 等 (1985)^[21], Patana - Anake 等 (1985)^[17] 也发现肉糜加热至 60℃ 这个拐点后刚性模量急剧上升。

2.3 计算机智能化系统测定斩拌过程中肉糜颜色变化的变化

本研究色调值 H 反映的是猪肉糜颜色类型,总体来说 H 都小,这说明肉糜的彩色成分少,可能是瘦肉斩碎后,由于加入脂肪、水等原辅料,肉糜的彩色成分比值下降。随斩拌时间的增加, H 值的变化没有规律。另一方面,各个斩拌时间测定值的标准偏差也较大,说明该指标在本实验中不够稳定。色饱和度值 S 反映的是猪肉糜颜色的鲜明和暗淡,在色彩学上与彩度 (Chroma) 定义接近。随斩拌时间的增加,跟 H 值一样, S 值的变化也没有规律。亮度值 L 与 CIELAB 的亮度值意义一致,与视觉属性有关,是描述色彩明暗程度的一个参数,在相同强度的光线照射下,如果在同一色相中加入一定程度的白或黑,就会增强或降低其反射度,即明度提高或下降。整

表3 斩拌过程中肉糜颜色变量和加工特性变量之间的相关性分析

	Ct	CT	H	S	L
CL	0.756***	0.615 ^{ns}	-0.397 ^{ns}	-0.454 ^{ns}	-0.534*
FL	0.730***	0.604 ^{ns}	-0.537*	-0.570*	-0.535*
硬度	-0.859***	-0.629 ^{ns}	0.610**	0.667**	0.633**
弹性	0.038 ^{ns}	0.468 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.048 ^{ns}	-0.278 ^{ns}
Ct	—	0.910***	-0.485***	-0.502***	-0.736***
CT	—	—	-0.412 ^{ns}	-0.465 ^{ns}	-0.830**

注:CT表示斩拌温度;Ct表示斩拌时间;ns表示P>0.05;*表示0.01<P≤0.05;**表示0.001<P≤0.01;***表示P≤0.001。

总体来说,随着斩拌时间的增加,L值是逐渐下降的,即肉糜表面反射度降低。各个斩拌时间L测定值的标准偏差较小,说明计算机智能化系统测定的L值比较稳定。对计算机智能化系统测定结果进行不同斩拌时间处理间的颜色变量比较时(表2),发现不同处理间的H值和S值除了6、7、8、9、10、12min和16min,9、16、18min和14min之间差异不显著,其余处理间差异显著(P<0.05)。不同处理间的L值除了6、7min和8min,9、10、12、14min和16min,10、12、14、16min和18min之间差异不显著外,其余处理间的L值差异显著(P<0.05)。

表2 肉糜斩拌过程中颜色变量的差异显著性分析

斩拌时间 (min)	颜色变量		
	H	S	L
6	20.17 ± 3.55 ^a	74.50 ± 2.81 ^a	89.17 ± 3.87 ^a
7	18.67 ± 6.53 ^{ab}	72.83 ± 5.46 ^{ab}	84.83 ± 9.68 ^{abc}
8	21.00 ± 1.10 ^a	75.50 ± 1.05 ^a	86.50 ± 3.15 ^{ab}
9	15.33 ± 4.23 ^{abc}	70.00 ± 4.20 ^{abc}	82.17 ± 1.33 ^{bcd}
10	17.83 ± 2.32 ^{ab}	72.50 ± 1.98 ^{ab}	79.17 ± 0.98 ^{ede}
12	18.67 ± 8.06 ^{ab}	72.17 ± 7.17 ^{ab}	79.50 ± 1.52 ^{ede}
14	10.67 ± 1.63 ^c	65.17 ± 2.04 ^c	77.50 ± 1.05 ^{de}
16	16.00 ± 4.10 ^{abc}	70.50 ± 3.99 ^{abc}	76.33 ± 1.21 ^{de}
18	12.00 ± 2.45 ^{bc}	67.00 ± 2.45 ^{bc}	75.50 ± 0.55 ^e

注:数据均为Mean ± SD;同一列中有相同字母者差异不显著(P>0.05),字母不同者差异显著(0.01<P<0.05)。

肉糜颜色的变化主要是由于斩拌过程中肉糜发生了复杂的物理化学变化,包括脂肪颗粒的减小,蛋白质与蛋白质、水和脂肪之间的交互作用。亮度值在斩拌期间发生变化是由肉糜表面的光散射所致,这是由于斩拌时间的增加,脂肪颗粒变细,水和脂肪颗粒被蛋白质包裹起来。

2.4 斩拌过程中肉糜颜色变化和加工特性之间的相关性分析

对本实验涉及到的主要颜色变量和加工特性变量之间进行相关性分析(表3),从中可以看出,Ct与CT、CL和FL存在正相关性(P<0.001),与硬度负相关(P<0.001),而与弹性相关性不显著^[10]。这可能是斩拌期间,斩拌温度上升,较高的斩拌温度会导致部分蛋白变性。此外,斩拌时间越长,脂肪颗粒越细,脂肪表面积增大,蛋白不足以完全把脂肪包裹,即乳化稳定性下降,致使肉糜蒸煮加热后,汁液(包括脂肪和水)损失加大,产品硬度变软。CT除了与颜色变量中L值显著相关外,与其他颜色变量相关性不显著。这就表明,斩拌期间斩拌温度的上升,也是促使肉糜表面反射度(L值)下降的一个原因。

颜色变量中L除了与弹性相关性不显著外,与

CL、FL和硬度的相关性均达到显著相关。H值和S值除了与CL和弹性相关性不显著外,与FL和硬度均显著相关。Álvarez等(2007)^[10]研究发现在斩拌前期亮度值升高,并在达到乳化崩溃点之前开始下降,亮度值开始逐渐下降之初乳化体系是最佳的。此外,亮度值与CL(r=-0.904)和硬度(r=0.818)的相关性很高,可将亮度值用于预测肉糜的斩拌终点。Serdaroglu(2006)^[9]研究发现斩拌过程中肉糜的颜色变化,尤其是亮度值与其蒸煮特性等加工特性的相关性很高,这与本实验的结果一致。Barbut(1998)^[2]研究发现蒸煮损失随着斩拌时间的增加而减小,直至达到乳化崩溃点,而亮度值随着斩拌时间的增加,先是上升后是下降,颜色变化这个拐点是在乳化体系崩溃之前发生的。总体来说,斩拌时间为10min时,肉糜的蒸煮损失和脂肪损失较少,产品质构较佳,Purge损失不大,即在本实验条件下斩拌至10min最合适。此外,相关性分析表明斩拌期间L值的变化在一定程度上反映了肉糜加工特性的变化,即颜色变量中L最能预测肉糜的斩拌终点,并初步判定斩拌终点为10min。

3 结论

斩拌时间对肉糜的颜色、蒸煮损失、脂肪损失、硬度、弹性、Purge损失以及流变特性均有影响,肉糜颜色变量中L值与加工特性之间的相关性显著,肉糜亮度值能够反映肉糜的加工特点。因而将计算机视觉技术用于预测肉糜的斩拌终点是可行的,该方法的应用拓展了计算机视觉技术在肉类工业的应用领域,但准确性不高,还有待于进一步研究。

参考文献

[1] Allais I, Viaud C, Pierre A, et al. A rapid method based on front-face fluorescence spectroscopy for the monitoring of the texture of meat emulsions and frankfurters [J]. Meat Science, 2004, 67: 219-229.

[2] Barbut S. Use of a fiber optic probe to predict meat emulsion breakdown [J]. Italian Journal of Food Science, 1998, 3(10): 253-259.

[3] Brauer H. The quality of frankfurter-type sausages: influence of sausage mixture temperature, knife revolutions and cutter processing time [J]. Fleischwirtschaft, 1994, 74(10): 1082-1083.

[4] Brown S, Ledward D A. Effect of temperature of comminution on the stability and eating quality of English sausages [J]. Meat Science, 1987, 20(2): 97-105.

[5] Thomas R, Anjaneyulu A S R, Gadekar Y P, et al. Effect of comminution temperature on the quality and shelf life of buffalo

meat nuggets[J].Food Chemistry,2007,103:787-794.

[6] Ladwig K, Knipe C L, Sebranek J G. Effects of sodium tripolyphosphate on the physical, chemical and textural properties of high collagen frankfurters[J].Journal of Food Science,1989,54:505.

[7] Brown D D, Toledo R T. Relation between chopping temperatures and fat and water binding in comminuted meat batters[J].Journal of Food Science,1975,40:1061-1064.

[8] Klettner P G. Comminution techniques for frankfurter-type sausages[J].Fleischwirtsch International,1987(1):32-37.

[9] Serdaroglu M. The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour[J].International Journal of Food Science and Technology,2006,41:147-153.

[10] Álvarez D, Castillo M, Payne F A, et al. Prediction of meat emulsion stability using reflection photometry[J].Journal of Food Engineering,2007,82:310-315.

[11] Bañón S, Daz P, Nieto G, et al. Modelling the yield and texture of comminuted pork products using color and temperature. Effect of fat/lean ratio and starch[J].Meat Science,2008:1-7.

[12] Álvarez D, Castillo M, Payne F A, et al. A novel fiber optic sensor to monitor beef meat emulsion stability using visible light scattering[J].Meat Science,2009,81:456-466.

[13] 周伟伟,刘毅,陈霞,等.斩拌终温对乳化型香肠品质影响的研究[J].食品工业科技,2008(3):76-78.

[14] Santiago L G, Aringoli E E, Sabbag N G, et al. Kinetics of

physico-chemical and microbiological changes during storage of commercial frankfurters[J].Food Science and Technology International,2004,10(2):109-116.

[15] Girard J P, Sale' P, Simantos D. Contribution a' l' e' tude de la technologie des pa'tes fines[J].Sciences des Aliments,1981,1(3):329-350.

[16] Brown D D, Toledo R T. Relation between chopping temperatures and fat and water binding in comminuted meat batters[J].Journal of Food Science,1975,40:1061-1064.

[17] Patana-Anake C, Foegeding E A. Rheological and stability of meat batters containing soy protein concentrate and vital wheat gluten[J].Journal of Food Science,1985,50:160-164.

[18] Paulson A T, Tung M A. Thermo-rheological changes in protein-replaced meat emulsions[J].Canadian Institute of Food Science and Technology Journal,1989,22:80-82.

[19] Owen S R, Tung M A, Paulson A T. Thermo rheological studies of food polymer dispersions[J].Journal of Food Engineering,1992,16:39-53.

[20] Correia L R, Mittal G S. Gelation kinetics of meat emulsions containing various fillers during cooking[J].Journal of Food Process Engineering,1992,14:35-49.

[21] Foegeding E A, Ramsey S R. Rheological and water-holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum[J].Journal of Food Science,1987,52:549-553.

(上接第67页)

因此,猪肉颜色的计算机智能化分级系统具有很好的稳定性和一定的准确率,可以作为有效的猪肉颜色分级工具,但分级准确率还有待于进一步提高,在接下来的研究过程中我们将进一步优化系统,以不断提高其准确率。

参考文献

[1] D Legard, P Marty-Mahe, J Camillerapp, et al. Real-time quality evaluation of pork hams by color machine vision[C].Machine Vision Application in Industrial Inspection,1999,7(25-26):138-149.

[2] G Adorni, D Bianchi, S Cagnoni. Ham quality control by means of fuzzy decision trees: a case study[C].1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems Proceedings IEEE World Congress on Computational Intelligence,1998,2(4-9):1583-1588.

[3] M G O' Sullivan, D V Byrne, H Martens, et al. Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis[J].Meat Science,2003,65(2):909-918.

[4] Lu Jiang, Tan Jinglu, Gerrard David E. Pork quality evaluation by image processing[C].Proceedings of Teh 1997 ASAE Annual International Meeting,1997,Part1(of 3)(10-14):12.

[5] Lu J, Tan J, P Shatadal, et al. Evaluation of pork color by using computer vision[J].Meat Science,2000,56(1):57-60.

[6] 贾渊,汤晓艳,姬长英.牛肉颜色的 RGB 特征[J].食品科

学,2004,25(7):86-89.

[7] 赵红霞,周丰昆,刘静波,等.基于计算机视觉的肉色量化研究(英文)[J].食品科学,2004,25(10):95-100.

[8] 郭培源,曲世海,陈岩,等.猪肉新鲜度的智能检测方法[J].农业机械学报,2006,37(8):78-81.

[9] 贾渊,姬长英,汤晓艳.基于计算机视觉的牛肉分级技术综述[J].农业工程学报,2004,20(5):47-50.

[10] American Meat Science Association (AMSA). American Meat Science Association Committee on guidelines for meat color evaluation[R].Contribution,1991, No.91-545-A.

[11] 贾渊,姬长英.农产品自动检测中的常见颜色模型[J].农机化研究,2004,7(4):205-213.

[12] 许东,吴铮.基于 MATLAB6.x 的系统分析与设计——神经网络[M].西安:西安电子科技大学出版社,1998:28-33.

[13] 飞思科技产品研发中心.神经网络理论与 MATLAB7 实现[M].北京:电子工业出版社,2005:170-171.

[14] 贾渊,姬长英.采用改进的自适应模糊多级中值滤波算法去除牛肉图像斑点噪声[J].农业工程学报,2005,21(2):102-105.

[15] Kazuhiko Shiranita, Kenichiro Hayashi, Akifumi Otsubo, et al. Grading meat quality by image processin [J]. Pattern Recognition,2000(33):97-104.

[16] 贾渊,姬长英,罗霞,等.用基于遗传算法的 BP 神经网络识别牛肉肌肉与脂肪[J].农业工程学报,2007,23(11):216-219.